

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 04063426
PUBLICATION DATE : 28-02-92

APPLICATION DATE : 03-07-90
APPLICATION NUMBER : 02174365

APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : KISHIMOTO KIYOSHI;

INT.CL. : H01L 21/302

TITLE : DRY ETCHING METHOD

ABSTRACT : PURPOSE: To prevent occurrence of shape failure due to overetching by performing etching using a specific mixed gas containing fluorine gas which does not include carbon and then by performig overetching using a mixed gas which includes SiCl_4 gas and N_2 gas.

CONSTITUTION: In the case of a try for performing etching of a silicon material layer which is formed on a substrate with a stage difference, a first process for performing etching using a mixed gas which includes at least one type of halogen gas which is selected from at least Cl_2 gas, HBr gas, and Br_2 gas, a fluoro-carbon gas, and a fluorine gas which does not include carbon and a second process for performing overetching using a mixed gas including SiCl_4 gas and N_2 gas. Therefore, since the etching surface has a sufficient resistance during overetching or is protected by a sufficient amount of side wall protection film, a silicon material layer which is to be etched is not subjected to extra erosion.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-63426

⑤ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)2月28日

H 01 L 21/302

F

7353-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

⑭ 発明の名称 ドライエッチング方法

⑮ 特 願 平2-174365

⑯ 出 願 平2(1990)7月3日

⑰ 発 明 者 塚 田 三 郎 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

⑱ 発 明 者 岸 本 喜 芳 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

⑲ 出 願 人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号

⑳ 代 理 人 弁理士 小 池 晃 外2名

明細書

1. 発明の名称

ドライエッチング方法

2. 特許請求の範囲

(1) 段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層のエッチングを行うドライエッチング方法において、

少なくともC₂F₄ガス、HBrガス、およびBr₂ガスから選ばれるいずれか1種のハロゲン系ガスと、フルオロカーボン系ガスと、炭素を含まないフッ素系ガスとを含む混合ガスを用いてエッチングを行う第1の工程と、

少なくともSiCl₄ガスとN₂ガスとを含む混合ガスを用いてオーバーエッチングを行う第2の工程とを有することを特徴とするドライエッチング方法。

(2) 段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層の段差中途部においてエッチングを行うド

ライエッチング方法において、

少なくともC₂F₄ガス、HBrガス、およびBr₂ガスから選ばれるいずれか1種のハロゲン系ガスと、フルオロカーボン系ガスと、炭素を含まないフッ素系ガスとを含む第1の混合ガスを用いてエッチングを行う第1の工程と、

前記段差中途部に形成されるエッチング面に選択的に側壁保護膜を増殖させる第2の工程と、

前記炭素を含まないフッ素系ガスの混合比が前記第1の混合ガスよりも大とされてなる第2の混合ガスを用いてオーバーエッチングを行う第3の工程とを有することを特徴とするドライエッチング方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はシリコン系材料層のドライエッチング方法に関し、特にオーバーエッチングによる形状不良の発生を防止する方法に関する。

特開平4-63426 (2)

(発明の概要)

本発明は、段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層のエッチングを行うドライエッチング方法において、対下地選択性よりも異方性を重視したガス系によりほぼ目的の層厚分をエッチングする第1の工程と、対下地選択性が高く、かつ側壁保護膜の堆積により高異方性も達成可能なガス系によりオーバーエッチングを行う第2の工程とを組み合わせることに、オーバーエッチング時における形状不良の発生を防止しようとするものである。

さらに本発明は、段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層の段差中途部においてエッチングを行うドライエッチング方法において、対下地選択性よりも異方性を重視したガス系によりほぼ目的の層厚分をエッチングする第1の工程と、側壁保護膜を堆積させる第2の工程と、異方性よりも対下地選択性を重視したガス系によりオーバーエッチングを行う第3の工程とを組み合わせることに、同様にオーバーエッチング時にお

ガスを用いて行われているが、このガス系におけるフロン系ガスとSF₆、ガスの混合比やハイアスパワー等を変化させることにより、これら両方の条件を達成することができる。すなわち、SF₆の混合比を10%程度とし、ハイアスパワーを高め設定すれば高異方性が達成され、SF₆の混合比を50%前後とし、ハイアスパワーを低めに設定すれば高選択性が達成されるのである。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上述のような2段階のエッチング方法では、後半で等方的なエッチングが行われるため、下地の形状によってはシリコン系材料層に形状不良が発生する場合がある。

たとえば、第3図(A)に示されるように、ゲート電極(21)とサイドウォール(22)とにより段差部が形成されている半導体基板(20)上に酸化シリコンからなる層間絶縁膜(23)および多結晶シリコン層(24)が順次積層されてなる基体において、上記ゲート電極(21)の直上部にパターンエッジ(25a)

る形状不良の発生を防止しようとするものである。

(従来の技術)

近年の半導体装置のデザイン・ルール微細化に伴い、多結晶シリコンやポリサイド膜等からなるシリコン系材料層のドライエッチングにも、従来にも増して高異方性および高選択性が要求されている。しかし、高異方性と高選択性とはなかなか両立し難いのが実情である。

そこで従来はエッチング工程を2段階に分け、最初の段階で目的とするシリコン系材料層の層厚分、もしくはほぼ層厚に近い分を対下地選択性には劣るが高異方性が得られる条件によりエッチングし、次の段階で等方的であるが対下地選択性の高い条件によりオーバーエッチングすることが行われている。たとえば、一般にシリコン系材料層のドライエッチングは、C₄F₈、F₂(フロン113)、C₄F₈、F₂(フロン114)、C₂F₆、F₂(フロン115)等の堆積性のフロン系ガスと、多量のフッ素系ラジカル供給源となるSF₆とを含む混合

を有するレジスト層(25)をマスクとして上記多結晶シリコン層(24)のエッチングを行う場合を考える。

上記多結晶シリコン層(24)のエッチングは側壁保護膜(26)が形成されながら異方的に進行するので、エッチング面はほぼ垂直壁となる。しかし、ゲート電極(21)の直上部において層間絶縁膜(23)が露出した状態(ジャスト・エッチング状態)では、該上記層間絶縁膜(23)の傾斜面(23a)上いわゆるストリンガーと呼ばれる側壁残渣(24a)がしばしば残存する。このような側壁残渣(24a)を除去するためには、通常100%程度のオーバーエッチングが必要である。しかし、このオーバーエッチングは、下地である層間絶縁膜(23)に対する選択比が高い代わりに異方性の低い条件にて行われるため、せっかく形成された側壁保護膜(26)も除去されてしまう虞れがある。

その結果、第3図(B)に示されるように、エッチング面から多結晶シリコン層(24)の内部へ向かってエッチングが進行し、浸食部(24b)が形成

される。多結晶シリコン層(24)にかかる形状不良が発生すると、この上にさらに層間隙を形成する場合に該層間隙により被覆されない部分が生じ、種々の信頼性劣化の原因となる。

同様の不都合は、たとえばDRAMのスタックト・キャパシタの形成にみられるように、大きな段差を被覆して形成される多結晶シリコン層をその段差の上部においてパターンニングするような場合にも生ずる。このような場合には、段差の側壁部に堆積する堆積物を除去するために300~400%ものオーバーエッチングが必要とされるので、多結晶シリコン層が不要な浸食を受ける虞れも大きくなる。

さらに、第3図(B)に示されるような形状不良は、パターンニングが上述のような段差の上部において行われる場合のみならず、段差の中途部で行われる場合にも問題となる。

たとえば、第4図(A)に示されるように、酸化シリコン等からなる素子分離領域(31)により段差部が発生している半導体基板(30)に多結晶シリ

コン層(32)が形成されてなる基体において、上記段差の中途部にパターンエッジ(33a)を有するレジスト層(33)をマスクとして上記多結晶シリコン層(32)のエッチングを行う場合を考える。

上記多結晶シリコン層(32)のエッチングは側壁保護膜(34)が形成されながら異方的に進行するため、エッチング面はほぼ垂直壁となる。この場合、素子分離領域(31)の平坦部が露出してからさらに10~15%程度のオーバーエッチングが行われるが、段差部において素子分離領域(31)の傾斜面(31a)が露出するに伴い、該傾斜面(31a)で散乱されたエッチング種が図中矢印aで示されるごとく、多結晶シリコン層(32)のエッチング面に入射するようになる。しかも、かかる傾斜面(31a)とエッチング面とに囲まれる微細なコーナー部ではもともと側壁保護膜(34)の堆積量も少なく、十分な側壁保護効果を期待することができない。さらに、オーバーエッチング時には下地である素子分離領域(31)に対して高選択比が得られるガス系が使用されるが、かかるガス系により側壁保護膜(34)が除

去されてしまうという問題もある。

その結果、第4図(B)に示されるように、エッチング面から多結晶シリコン層(32)の内部へ向かってエッチングが進行し、浸食部(32a)が形成されてやはり種々の信頼性劣化の原因となる。

このように、段差を有する基体上における従来のシリコン系材料層のエッチングには、オーバーエッチング時に形状不良が発生し易いという問題がある。そこで本発明は、このような問題を生じないシリコン系材料層のドライエッチング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

上述のように、従来の2段階のエッチング方法では、後段のオーバーエッチング時における形状不良の発生が問題となっていた。本発明者らはこの問題を、①オーバーエッチング時に封下地選択性を大きくとることができ、しかも側壁保護膜を形成し得るガス系を採用する、もしくは②オーバーエッチングの前に側壁保護膜を堆積させる工程

を挿入し側壁保護膜を補強する、という手段をとることにより解決できることを見出し、本発明を提案するに至ったものである。

すなわち、本発明の第1の発明にかかるドライエッチング方法は、段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層のエッチングを行うドライエッチング方法であって、少なくともC₂ガス、HBrガス、およびBr₂ガスから選ばれるいずれか1種のハロゲン系ガスと、フルオロカーボン系ガスと、炭素を含まないフッ素系ガスとを含む混合ガスを用いてエッチングを行う第1の工程と、少なくともSiC₂ガスとN₂ガスとを含む混合ガスを用いてオーバーエッチングを行う第2の工程とを有することを特徴とするものである。

本発明の第2の発明にかかるドライエッチング方法は、段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層の段差中途部においてエッチングを行うドライエッチング方法であって、少なくともC₂ガス、HBrガス、およびBr₂ガスから選ばれるいずれか1種のハロゲン系ガスと、フルオ

特開平4-63426 (4)

ロカーボン系ガスと、炭素を含まないフッ素系ガスとを含む第1の混合ガスを用いてエッチングを行う第1の工程と、前記段差中途部に形成されるエッチング面に選択的に側壁保護膜を堆積させる第2の工程と、前記炭素を含まないフッ素系ガスの混合比が前記第1の混合ガスよりも大とされてなる第2の混合ガスを用いてオーバーエッチングを行う第3の工程とを有することを特徴とするものである。

〔作用〕

本発明の第1の発明では、第1の工程において少なくともC₂F₄ガス、HBrガス、およびBr₂ガスから選ばれるいずれか1種のハロゲン系ガスと、フルオロカーボン系ガスと、炭素を含まないフッ素系ガスとを含む混合ガスを用いてエッチングを行う。このガス系は、対下地選択性には劣るが、炭素系ポリマーの堆積による側壁保護効果が期待できるので高質力性が達成される他、実用的なエッチング速度が得られるものである。かかる

炭素系堆積物が大量に生成してパーティクル汚染を招く虞れがある他、反応生成物であるSiCl₄の蒸気圧が比較的低いためにエッチング速度が低下したり、あるいはSiCl₄自身も堆積する可能性がある。したがって、本発明では第2の工程のみに適用しているのである。

また、本発明の第2の発明は、特に段差を有する基体上に形成されたシリコン系材料層の段差中途部においてエッチングを行う場合に適用される。まず、第1の工程は第1の発明と同様に行われる。続く第2の工程では、前記段差中途部に形成されるエッチング面に選択的に側壁保護膜を堆積させる。この際、水平部では堆積が起こらない条件を設定する。さらに第3の工程では、上記第1の工程において使用された混合ガスよりも前記炭素を含まないフッ素系ガスの混合比が大とされてなるガス系によりオーバーエッチングを行う。この第3の工程で使用されるガス系は、対下地選択性を重視するために第1の工程におけるガス系と比べて炭素を含まないフッ素系ガスの混合比が大とな

ガス系によりジャスト・エッチング状態もしくはその直前までエッチングを行った後、第2の工程において少なくともSiCl₄とN₂とを含む混合ガスを使用してオーバーエッチングを行う。このガス系は、本願出願人が先に特開昭63-73526号公報に開示したごとく、シリコン・トレンチ・エッチングに適用して良好な結果を得ているものである。下地が酸化シリコン層である場合の対下地選択比も20〜30と高く確保できるので、オーバーエッチング用のガスとして好適である。この第2の工程では、Si₃N₄、Si₃N₂C₂等の組成で表される無炭素堆積物により側壁保護膜が形成される。かかる無炭素堆積物による側壁保護膜は、上記第1の工程において形成される炭素系ポリマーからなる側壁保護膜よりもイオン衝撃に対する耐性が高いため、過度のオーバーエッチングを要する場合にもエッチング面が良好に保護され、形状不良が発生しない。

なお、上記第2の工程で使用されるガス系は、第1の工程にも適用できなくはないが、上記の無

されている分、炭素系ポリマーの側壁保護膜を形成し得るガス成分が減少されており、側壁保護効果は低い。しかし、上述の第2の工程において側壁保護膜が補強されているので、オーバーエッチング時における形状不良の発生が防止される。

〔実施例〕

以下、本発明の好適な実施例について図面を参照しながら説明する。

実施例1

本発明の第1の発明を適用した例を第1図(A)ないし第1図(C)を参照しながら説明する。

まず第1図(A)に示されるように、半導体基板(1)上にゲート酸化膜(2)を介して形成されたゲート電極(3)およびその両側壁部に形成されたサイドウォール(4)により段差が発生している基体の全面に、酸化シリコンからなる層間絶縁膜(5)および多結晶シリコン層(6)を順次積層した。さらに上記多結晶シリコン層(6)の上にはレジスト

材料を塗布し、所定のパターニングを行うことによりレジスト層(7)を形成した。ここで、上記レジスト層(7)のパターンエッジ(7a)は上記ゲート電極(3)の直上部にあたる多結晶シリコン層(6)の平坦面上に位置している。

次に、多結晶シリコン層(6)のエッチングを行った。すなわち、上記の基体を高周波ハイアス印加型ECR(電子サイクロトロン共鳴)プラズマエッチング装置にセットし、 Cl_2 ガス流量 40 SCCM、 CH_3F ガス流量 20 SCCM、SF₆ガス流量 6 SCCM、ガス圧 5~10 Torr、高周波ハイアスパワー100 Wの条件でエッチングを行い、層間絶縁膜(5)の表面が露出したところで終了した。この過程では、第1図(B)に示されるように、 CH_3F ガス、およびレジスト材料からの炭素の供給により炭素系ポリマーからなる有機側壁保護膜(8)がエッチング面に形成されながらエッチングが進行し、垂直パターンが得られた。しかし、ゲート電極(3)およびサイドウォール(4)の形状を反映した層間絶縁膜(5)の傾斜面(5a)上には、

多結晶シリコン層(6)の一部が側壁残渣(6a)となって残存した。

そこで、上記側壁残渣(6a)を除去するため、SiCl₄ガス流量を 35 SCCM、N₂ガス流量を 35 SCCMとしてオーバーエッチングを行った。このガス系によれば、酸化シリコンに対する多結晶シリコンの選択比を大きくとることができるため、第1図(C)に示されるように、下地の層間絶縁膜(5)には重大な影響を及ぼすことなく、側壁残渣(6a)のみが選択的に除去された。一方、エッチング面においては上述の有機側壁保護膜(8)の上にさらにSi₃N₄、Si₃N₂Cl₂等の組成で表される無機側壁保護膜(9)が堆積した。この無機側壁保護膜(9)は有機側壁保護膜(8)よりも一層優れた側壁保護効果を発揮し、オーバーエッチング中にも多結晶シリコン層(6)のエッチング面を後退させることはなかった。したがって、前述の第3図(B)に示されるような浸食部(24b)は形成されず、異方性形状が達成された。

なお、本発明は上述の実施例に限定されるもの

ではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

たとえば、上述の例では炭素を含まないフッ素系ガスとしてSF₆を使用した。NF₃、SiF₄等も使用できる。

フルオロカーボン系ガスとしては、上述の CH_3F 以外に CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 CHF_3 等を使用することができる。本発明においてこれらのフルオロカーボン系ガスをハロゲン系ガスと併用するのは、将来のフロンガス規制を踏まえたことである。

エッチングおよびオーバーエッチングに使用される混合ガスには、不活性ガス等が希釈用に適宜添加されていても構わない。

さらに本発明の第1の発明は、エッチング面が上述の例のように平坦面上に位置する場合のみならず、後述の実施例2のように段差の中途部に位置する場合にも適用可能である。いずれにしても、第1の発明は100~400%の大幅なオーバーエッチングを要する場合に特に有効である。

また、被エッチング層も多結晶シリコン層に限られず、ポリサイド膜等であっても良い。

実施例2

本発明の第2の発明を適用した例を第2図(A)ないし第2図(C)を参照しながら説明する。

まず第2図(A)に示されるように、半導体基板(11)上にたとえばLOCOS法により酸化シリコンからなる素子分離領域(12)が形成され、さらに酸化膜(13)が形成されてなる基体上の全面に、多結晶シリコン層(14)を堆積した。さらに上記多結晶シリコン層(14)の上にはレジスト材料を塗布し、所定のパターニングを行うことによりレジスト層(15)を形成した。ここで、上記レジスト層(15)のパターンエッジ(15a)は上記素子分離領域(12)のパターンを反映した多結晶シリコン層(14)の傾斜面(14a)上に位置している。

次に、第2図(B)に示されるように、実施例1と同様にECRプラズマエッチング装置を使用して Cl_2 ガス流量 40 SCCM、 CH_3F ガス流

量 20 SCCM, S F。ガス流量 6 SCCM, ガス圧 5 ~ 10 μ Torr, 高周波バイアスパワー 100 W の条件でエッチングを行い、素子分離領域 (12) の表面が露出したところで終了した。この過程では、炭素系ポリマーからなる有機側壁保護膜 (16) がエッチング面に形成されながらエッチングが進行し、垂直壁が形成された。

次に、バイアス印加を停止した他は上述の条件を維持し、第 2 図 (C) に示されるように、さらに有機側壁保護膜 (16) を増幅させた。この過程では、基体の水平面上においてエッチング反応と堆積反応とが競合し、エッチング面のような垂直面上では堆積反応が卓越することにより、エッチング面上において選択的に炭素系ポリマーが増幅し、すでに形成されている有機側壁保護膜 (16) が肥厚化された。

次に、C II, ガス流量 60 SCCM, C II, F, ガス流量 10 SCCM, S F。ガス流量 35 SCCM, ガス圧 5 ~ 10 μ Torr, 高周波バイアスパワー 10 ~ 20 W の条件でオーバーエッチングを行った。ここでは、

いない系では、基体の水平面上において堆積反応が起こり易くなっているため、イオン・スパッタリングにより水平面上の堆積物を除去し、垂直面上に選択的に堆積物を残すためである。

本発明の第 2 の発明は、たとえばゲート電極の形成時のように 10 ~ 15 % 程度のオーバーエッチングが行われるプロセスへの適用に特に適している。

(発明の効果)

以上の説明からも明らかなように、本発明を適用すれば、オーバーエッチング中にもエッチング面が十分な耐性を有するもしくは十分な量の側壁保護膜により保護されるため、被エッチング層であるシリコン系材料層が十分な浸食を受けることがない。したがって、従来は困難であった高選択性と高異方性の両立が可能となり、表面段差の大きい基体上におけるエッチングが高い信頼性をもって行われるようになる。

なお、本発明は脱フロン対策としてももちろん有効である。

時間半 4-63426 (6)

先のエッチング工程におけるよりも S F。ガスの混合比が高められて酸化シリコンに対する選択比の高いエッチング条件が設定されているために、下地の素子分離領域 (12) に何ら重大な影響が及ぶことはなかった。また従来の技術では、このように素子分離領域 (12) の傾斜面 (12a) が露出した状態でオーバーエッチングが行われると、該傾斜面 (12) で散乱されたイオンがエッチング面に入射して先の第 4 図 (B) に示されるような形状不良を引き起こしていたが、本発明では前工程により有機側壁保護膜 (16) が補強されているので、かかる形状不良は発生せず、第 2 図 (C) に示される垂直壁の状態が良好に維持された。

ところで、上述の例では有機側壁保護膜 (16) を肥厚化させる工程において、エッチングガスの組成を変化させずにバイアス印加を停止する手段をとったが、あるいは S F。の供給を停止し、若干のバイアスを印加するようにして良い。ここでバイアス印加を行うのは、このように大量のフッ素ラジカルの供給源となる S F。ガスが添加されて

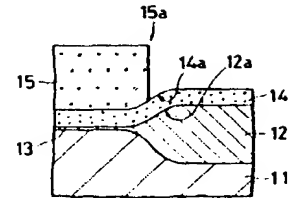
4. 図面の簡単な説明

第 1 図 (A) ないし第 1 図 (C) は本発明の第 1 の発明の適用例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、第 1 図 (A) は多結晶シリコン層上におけるレジスト層のパターニング工程、第 1 図 (B) は多結晶シリコン層のエッチング工程、第 1 図 (C) はオーバーエッチング工程をそれぞれ表す。第 2 図 (A) ないし第 2 図 (C) は本発明の第 2 の発明の適用例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、第 2 図 (A) は多結晶シリコン層上におけるレジスト層のパターニング工程、第 2 図 (B) は多結晶シリコン層のエッチング工程、第 2 図 (C) は側壁保護膜の形成工程およびオーバーエッチング工程をそれぞれ表す。第 3 図 (A) および第 3 図 (B) は従来のエッチング方法の一例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、第 3 図 (A) は多結晶シリコン層のエッチング工程、第 3 図 (B) はオーバーエッチングに伴う形状不良の発生状態をそれぞれ表す。第 4 図 (A) および第 4 図 (B) は従来

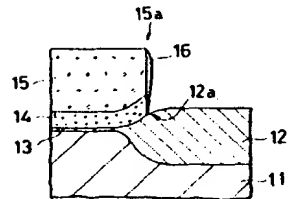
特開平4-63426 (7)

のエッチング方法の他の例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、第4図(A)は多結晶シリコン層のエッチング工程、第4図(B)はオーバーエッチングに伴う形状不良の発生状態をそれぞれ表す。

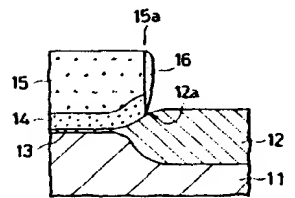
第2図(A)



第2図(B)

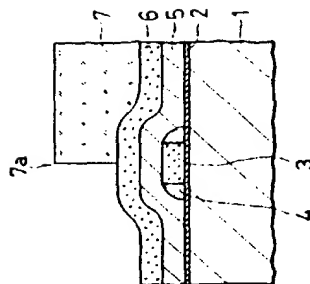


第2図(C)

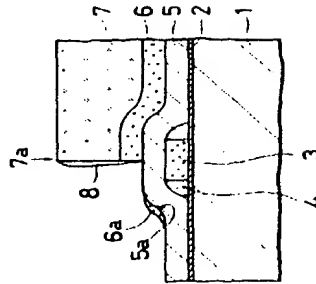


- 5 ... 層間絶縁膜
- 5a ... (層間絶縁膜の)傾斜面
- 6, 14 ... 多結晶シリコン層
- 6a ... 側壁残渣
- 7, 15 ... レジスト層
- 8, 16 ... 有機側壁保護膜
- 9 ... 無機側壁保護膜
- 12a ... (素子分離領域の)傾斜面
- 14a ... (多結晶シリコン層の)傾斜面

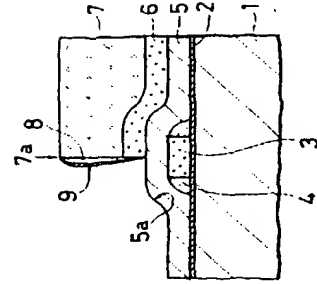
特許出願人 ソニー株式会社
 代理人 弁理士 小池 晃
 同 田村 榮一
 同 佐藤 勝



第1図(A)



第1図(B)



第1図(C)

